包被苯甲酸对肉鸡腿部健康和垫料理化性质的影响

胡希怡[1]　张　倩[2]　UERLINGS Julie[1]　孙得发[3]　张　波[3]　杨家昶[1]　丁祥文[1]　王　玉[1]　宋志刚[1*]

（1.山东农业大学动物科技学院，泰安 271018；2.黄岛出入境检验检疫局，青岛 266555；3.诺伟司国际贸易（上海）有限公司，上海 200080）

摘　要：本试验旨在研究饲粮添加包被苯甲酸对肉鸡腿部健康和垫料理化性质的影响。选取 2 400 只 1 日龄爱拔益加肉仔鸡，随机分为 2 组，每组 12 个重复，每个重复 100 只(公母各占 1/2）。对照组饲喂基础饲粮（颗粒料），试验组在对照组的基础上添加 500 g/t 包被苯甲酸。试验期为 35 d。35 日龄时每个重复随机抓取 10 只肉鸡进行脚垫和跗关节评估；收集各个重复垫料样品进行垫料湿度、pH 和总氮含量的测定。结果表明：饲粮添加 500 g/t 包被苯甲酸显著降低了肉鸡的脚垫和跗关节损伤程度(P<0.05)，同时显著降低了垫料的 pH 和总氮含量(P<0.05)，对垫料湿度没有显著影响(P>0.05)。由此可见，饲粮添加包被苯甲酸可降低肉鸡脚垫和跗关节损伤，同时改善垫料的理化性质，提高肉鸡饲养过程中的福利水平。

关键词：包被苯甲酸；肉仔鸡；腿部健康；垫料理化性质

中图分类号：S816.7　　文献标识码：　　文章编号：

酸化剂作为一种高效、无污染、无残留的天然保健型饲粮添加剂，成为最理想的抗生素替代品之一[1]。研究表明，饲粮添加酸化剂能降低肠道 pH，抑制肠道致病菌的生长[2-3]。目前使用的酸化剂可分为无机酸、有机酸和复合酸化剂 3 种[4]。苯甲酸是目前饲料工业使用的有机酸化剂之一。家禽不能 100%消化饲粮中营养物质，排泄物中含有部分含硫蛋白质，在温度和湿度适宜的条件下被可被垫料中微生物分解，放出大量的氨气[5]。有机酸化剂能够通过降低肠道微生物与机体争夺养分的竞争力，利于动物对养分的吸收利用[6]，从而降低氨气的生成。

对于平养的肉鸡而言，垫料是影响肉鸡福利状况的一项重要因素[7]。当鸡舍温度和湿度过高时，潮湿的垫料与排泄物混合发酵，释放出大量氨气[6]。肉鸡腿部健康是肉鸡获得最佳生长性能的基本条件，也是家禽福利的重要组成部分[8]。肉仔鸡脚垫和跗关节病变的主要原因之一是肉仔鸡的排泄物在垫料中积累，导致垫料中水分、氨含量增加，引起脚部皮肤的“氨灼伤”[9]。由此可知，垫料的质量可影响家禽腿部健康。

有关酸化剂对肉鸡福利的影响研究未见报道。因此，本试验旨在研究饲粮中添加包被苯甲酸对肉鸡腿部健康及垫料理化性质的影响，探讨其对肉鸡福利的影响，为其在生产实践中应用提供参考。

收稿日期：2016－03－30

基金项目：山东省现代农业产业技术体系家禽创新团队项目（STAIT-13-011-08)

作者简介：胡希怡（1991—），女，山东诸城人，硕士研究生，研究方向为动物营养和饲料科学。E-mail: 1134251357@qq.com

*通信作者：宋志刚，教授，博士生导师，E-mail: naposong@qq.com

1　材料与方法

1.1　试验设计

选取 1 日龄体重相近爱拔益加（AA）肉仔鸡 2 400 只，随机分为 2 组，每组 12 个重复，每个重复 100 只鸡（公母各占 1/2）。对照组饲喂基础饲粮（颗粒料），试验组饲喂在基础饲粮中添加 500 g/t 包被苯甲酸[诺伟司国际贸易（上海）有限公司提供，苯甲酸含量为≥40%]饲粮，基础饲粮组成及营养水平见表 1。试验在山东农业大学大学合作商品鸡饲养场进行。

1.2　试验饲粮

试验采用玉米–豆粕–玉米蛋白粉型饲粮。饲养试验分为 2 个阶段：第 1 阶段 1~21 日龄，第 2 阶段 22~35 日龄。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of basal diets　（air-dry basis）　　%

项目 Items	含量 Content	
	1~21 日龄　1 to 21 days of age	22~35 日龄　22 to 35 days of age
原料 Ingredients		
玉米 Corn	56.124	49.749
豆粕 Soybean meal（43%）		18.684
豆粕 Soybean meal（46%）	32.059	
小麦 Wheat		10.000
玉米蛋白粉 Corn protein meal	4.000	6.921
玉米干酒糟及其可溶物 DDGS		6.000
豆油 Soybean oil	2.948	3.500
石粉 Limestone	1.235	1.316
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.480	1.411
DL–蛋氨酸 *DL*-Met	0.345	0.274
L–苏氨酸 *L*-Thr	0.074	0.127
L–赖氨酸 *L*-Lys	0.612	1.002
色氨酸 Try		0.034
氯化胆碱 Choline chloride	0.150	0.150
食盐 NaCl	0.256	0.230
小麦粉 Wheat meal	0.233	0.177
多维 Multi-vitamin1)	0.290	0.213
多矿 Muliti-mineral1)	0.194	0.212
合计 Total	100.000	100.000
营养水平 Nutrient levels2)		
干物质 DM	86.32	86.79
粗蛋白质 CP	21.00	20.00
粗灰分 Ash	5.26	4.87
粗纤维 CF	3.05	3.05

粗脂肪 EE	5.09	6.10
钙 Ca	0.80	0.74
总磷 TP	0.62	0.57
食盐 Nacl	0.29	0.29
净能 NE/(MJ/kg)	11.30	11.80
可利用磷 AP	0.33	0.28
标准回肠可消化赖氨酸 SID Lys	1.15	1.05

[1)] 多维和多矿为每千克饲粮提供 Multi-vitamin and multi-mineral provided the following per kg of diets: VA 9 000 IU，VD_3 2 000 IU，VE 11.0 IU，VK 1.00 mg，硫胺素 thiamine 1.20 mg，核黄素 riboflavin 5.80 mg，烟酸 niacin 66.0 mg，泛酸 pantothenic acid 10.0 mg，吡哆醇 pyridoxine 2.60 mg，生物素 biotin 0.20 mg，叶酸 folic acid 0.70 mg，VB_{12} 0.012 mg，Mn 100 mg，Zn 75.0 mg，Fe 80.0 mg，I 0.65 mg，Cu 8.00 mg，Se 0.35 mg。

[2)] 营养水平均为计算值。Nutrient levels were calculated values.

1.3 饲养管理

饲养试验全期 35 d，分为前期（1~21 日龄）和后期（22~35 日龄）。试验开始时饲养温度 35 ℃，根据肉鸡日龄每周降低 2~3 ℃，直到降到 23 ℃；环境湿度为 40%~50%。温度和湿度随肉鸡生长情况做相应调整。光照程序按照商品饲养场管理规定执行。1~3 日龄肉仔鸡饮水中添加电解多维和葡萄糖。整个试验期为地面垫料饲养，自由采食和饮水，定时免疫接种。

1.4 测定指标和方法

每周称量饲粮添加量和剩余量，计算 1~21 日龄、22~35 日龄和全期的平均采食量、平均体增重和料重比，并对全期肉鸡养殖状况进行评估。严格记录死亡和淘汰的鸡只总数，死亡和淘汰的鸡必须称重。35 日龄时从鸡群中靠近水线的区域、靠近料槽的区域和远离 2 者的区域随机抓取 10 只鸡进行脚垫和跗关节损伤评估，并收集鸡舍垫料样品，分别在水线处、料盘处和垫料表层处（部分板结垫料）取样，分别进行垫料湿度、pH 和总氮含量的测定。

1.4.1 生长性能

平均体重（g）=末体重/总鸡数；

平均体增重（g）=（末体重－初体重）/总鸡数；

平均采食量（g）=总采食量/总鸡数；

料重比（F/G)=总耗料量/总增重（包括死鸡）；

死亡率（%）=100×死亡的鸡数/总鸡数；

欧洲综合指数（EPI）=10 000×平均体重×（1－死亡率）/（料重比×天数）。

1.4.2 肉鸡脚垫和跗关节损伤评估

评分标准如下，A：0 级，无损伤；B：1~2 级，轻度损伤；C：3~4 级，重度损伤。根据轻度损伤和重度损伤的肉鸡百分比，计算鸡群的脚垫或跗关节健康指数（I）：

$$I=100\times[1-(B\times0.5+C\times1.0)];$$

其中，*B*（%）为轻度损伤的肉鸡百分比，*C*（%）为重度损伤的肉鸡百分比，2 类肉鸡的权重分别为 0.5 和 1.0。

1.4.3 垫料湿度、pH 及总氮含量

垫料湿度测定：按照五点取样法取垫料样本，经混匀后每个重复各称取 500 g 垫料放置于烘箱，65 ℃烘 72 h 后称重[7]。垫料 pH 测定：取 10 g 垫料样置于 250 mL 离心管内，用去离子水按 1∶10（质量体积比）的比例稀释，于振荡器上振荡 30 min，测定 pH。垫料总氮含量测定：根据凯氏定氮法，将用 10%硫酸固氮后的垫料样品粉碎后，采用 Kjeltec^{TM} 2300 定氮仪（FOSS，美国）测定[7]。

1.5 数据统计分析

试验数据用平均值±标准误表示，苯甲酸效用采用 SAS 9.1.3 统计软件 ANOVA 进行单因子方差分析，$P<0.05$ 表示差异显著，$0.05\leq P<0.10$ 表示具有差异显著趋势。

2 结果与分析

2.1 饲粮添加包被苯甲酸对肉鸡生长性能的影响

由表 2 可见，试验组与对照组肉鸡 1、21 和 35 日龄的平均体重没有显著差异($P>0.05$)。1~21 日龄、22~35 日龄和试验全期，试验组和对照组肉鸡平均体增重均没有显著差异($P>0.05$)。1~21 日龄，试验组肉鸡较对照组在平均采食量上有增加的趋势($P<0.10$)；22~35 日龄和试验全期，试验组和对照组没有显著差异($P>0.05$)。1~21 日龄、22~35 日龄和试验全期，对照组和试验组料重比没有显著差异($P>0.05$)。1~21 日龄、22~35 日龄和试验全期，试验组死亡率和对照组没有显著差异($P>0.05$)。试验组欧洲效益指数为 351.23，对照组为 350.16，2 者无显著差异($P>0.05$)。

表 2 饲粮添加包被苯甲酸对肉鸡生长性能的影响

Table 2 Effects of dietary coated-benzoic acid on growth performance of broilers

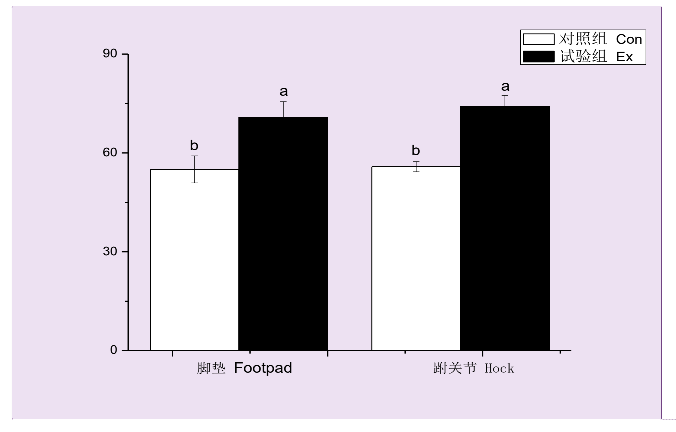
项目 Items	时间 Time	组别 Groups		*P* 值 *P*-value
		对照组 Control group	试验组 Experimental group	
平均体重 ABW/g	1 日龄 1 day of age	45.30±0.24	45.22±0.26	0.812 2
	21 日龄 21 days of age	1 050.30±17.28	1 080.52±18.72	0.248 2
	35 日龄 35 days of age	2 060.58±43.27	2 060.08±32.29	0.992 7
平均体增重 ABWG/g	1~21 日龄 1 to 21 days of age	1 005.00±17.17	1 035.30±18.57	0.243 6
	22~35 日龄 22 to 35 days of age	1 010.29±49.53	979.57±29.54	0.599 6
	1~35 日龄 1 to 35 days of age	2 015.28±43.17	2 014.87±32.07	0.993 9
平均采食量 AFI/g	1~21 日龄 1 to 21 days of age	1 308.65±13.07	1 342.19±13.47	0.087 7
	22~35 日龄 22 to 35 days of age	2 080.87±42.14	2 033.22±38.42	0.412 3
	1~35 日龄 1 to 35 days of age	3 440.05±59.64	3 418.05±53.32	0.785 8
料重比 F/G	1~21 日龄 1 to 21 days of age	1.30±0.01	1.29±0.02	0.751 4
	22~35 日龄 22 to 35 days of age	2.09±0.11	2.07±0.06	0.876 1
	1~35 日龄 1 to 35 days of age	1.67±0.04	1.66±0.02	0.787 1
死亡率 Mortality rate/ %	1~21 日龄 1 to 21 days of age	1.50±0.22	1.67±0.84	0.852
	22~35 日龄 22 to 35 days of age	5.09±1.09	3.72±0.76	0.325
	1~35 日龄 1 to 35 days of age	6.50±1.06	5.33±0.84	0.408
欧洲效益指数 EPI	1~35 日龄 1 to 35 days of age	351.23±28.16	350.16±10.14	0.972

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著(P>0.05)，不同字母表示差异显著(P<0.05)。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant differences (P>0.05), while with different small letter superscripts mean significant differences (P<0.05). The same as below.

2.2 饲粮添加包被苯甲酸对肉鸡脚垫和跗关节损伤的影响

由图 1 可见，试验组肉鸡脚垫和跗关节健康指数显著高于对照组(P<0.05)，说明试验组肉鸡脚垫和跗关节损伤程度明显轻于对照组。



批注 [T1]: 纵坐标：
“健康指数 Health index”
图例：
“对照组 Control group
试验组 Experimental group”

数据柱形标注不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。下图同。

Value columns with different small letters mean significant differences (P<0.05). The same as below.

图 1 饲粮添加包被苯甲酸对肉鸡脚垫和跗关节损伤的影响

Fig.1 Effects of dietary coated-benzoic acid on footpad and hock injury of broilers

2.3 饲粮添加包被苯甲酸对垫料湿度的影响

由表 3 可知，试验组和对照组在各个采样点的垫料湿度均无显著差异(P>0.05)。

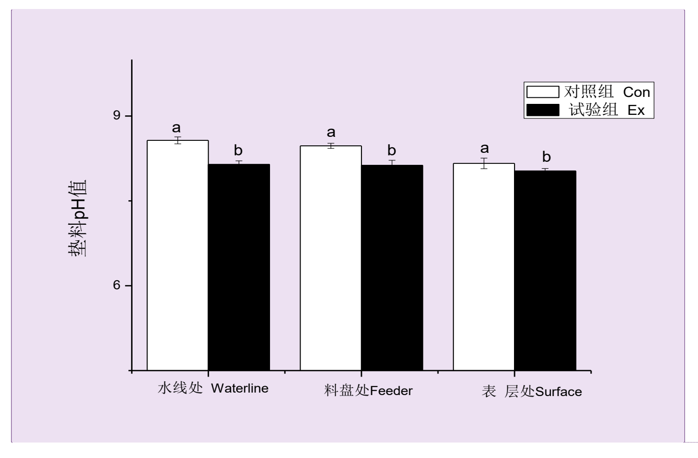
表 5 饲粮添加包被苯甲酸对垫料湿度的影响

Table 5 Effects of dietary coated-benzoic acid on the humidity of bedding %

项目 Items	组别 Groups		*P* 值 *P*-value
	对照组 Control group	试验组 Experimental group	
水线处 Waterline	41.40±2.52	36.40±2.12	0.159
料盘处 Feeder	29.21±1.66	29.04±1.78	0.947
表层处 Surface	48.41±1.34	45.36±1.52	0.162

2.4 饲粮添加包被苯甲酸对垫料 pH 的影响

由图 2 可知，试验组垫料在水线处、料盘处和表层处的 pH 显著低于对照组(P<0.05)。这说明饲粮中添加包被苯甲酸能显著降低垫料的 pH。



批注 [T2]: 纵坐标：“pH” 图例：“对照组 Control group 试验组 Experimental group”

图 2 饲粮添加包被苯甲酸对垫料 pH 的影响

Fig.2 Effects of dietary coated-benzoic acid on pH of bedding

2.5 饲粮添加包被苯甲酸对垫料总氮含量的影响

由图 3 可知，试验组垫料在水线处、料盘处和表层处的总氮含量显著低于对照组(P<0.05)。这说明饲粮中添加包被苯甲酸能显著降低垫料的总氮含量。

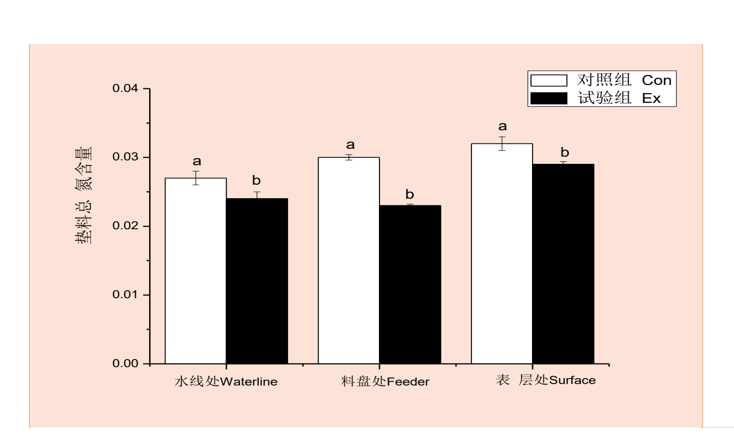


图 3　饲粮添加包被苯甲酸对垫料总氮含量的影响

Fig.3　Effects of dietary coated-benzoic acid on total nitrogen content of bedding

批注 [U3]: 纵坐标
“总氮含量 Total nitrogen content/%”
纵坐标数字 改为 4、3、2、1 和 0
图例：
“对照组 Control group
试验组 Experimental group”

3　讨　论

3.1　饲粮添加包被苯甲酸对肉鸡生长性能的影响

苯甲酸及其盐类是饲粮常用的保鲜剂和抑菌剂[10]。本试验研究结果显示饲粮添加包被苯甲酸对肉鸡生长性能没有副作用。Józefiak 等[11]研究结果显示添加 0.25%苯甲酸和未添加苯甲酸肉鸡生长性能无显著差异，添加 0.50%和 0.75%苯甲酸抑制了肉鸡生长，提高了料重比。一般来说酸化剂的种类和剂量、饲粮的组成和存放、家禽的日龄和体重以及饲养环境（禽舍的卫生条件、饲养密度、温湿度和光照）等都会影响酸化剂的作用效果[12]。

3.2　饲粮添加包被苯甲酸对肉鸡脚垫和跗关节损伤的影响

肉仔鸡脚垫损伤和跗关节病变的主要原因是肉仔鸡的粪尿排在垫料中，导致垫料中的水分、氨含量增加，造成对脚部皮肤的“氨灼伤”[9]。本试验结果显示，饲粮添加包被苯甲酸显著缓解了肉鸡脚垫损伤和跗关节损伤，其原因可能是饲粮添加包被苯甲酸后促进了饲粮的消化利用率，粪中排出的有机质减少，导致微生物分解产生的氨减少，从而极大地降低了肉仔鸡脚垫和跗关节的损伤。研究发现在肉仔鸡的饮水中添加酸化剂，通过酸和氨气的结合，可显著降低肉仔鸡氨气的排放[13]。

3.3　饲粮添加包被苯甲酸对垫料湿度、pH 和总氮含量的影响

垫料质量被认为是影响家禽福利的重要因素之一[14]，湿垫料在一定程度上降低了肉鸡福利状况[6]。潮湿的垫料会使垫料温度升高和微生物活性增强，极易增加胸部皮肤炎症及胸囊肿积液的发生率，而生长在潮湿垫料上的肉鸡患足垫皮炎或跗关节损伤的几率显著上升[7]。研究发现将肉鸡从潮湿的垫料转移到干燥的垫料上，会改进肉鸡的福利状况，特别是降低足垫炎的严重程度[15]。本试验结果表明，饲粮添加包被苯甲酸对垫料的湿度没有显著影响，水线处垫料的湿度高于料槽处，说明水线漏水是造成垫料湿度增加的重要因素。

本试验结果显示，试验组垫料 pH 显著低于对照组。垫料 pH 对鸡舍氨气的产生和散发有重要影响[16]。垫料的 pH 会影响酶和微生物的活性，而氨气的增多又会影响垫料的 pH。

Tiquia 等[17]发现随着饲养后期肉鸡生长，粪便量增多，垫料中微生物分解粪便中的蛋白质产生氨态氮，含氮物质持续被微生物分解产生氨气，造成垫料 pH 逐渐升高。

从试验结果来看，试验组垫料总氮含量显著低于对照组，主要是因为垫料中鸡粪是唯一的氮变量。Miller 等[18]发现一般的粪便好氧发酵氮素损失率高达 77%。垫料含氮量增加的直接原因：一方面是鸡粪中含有大量的氮；另一方面垫料中微生物的呼吸作用造成二氧化碳大量挥发累积和微生物机体合成硝态氮等也会造成氮大量累积[19]。由于饲粮添加酸化剂后降低垫料 pH，影响了微生物和酶的活性，使微生物呼吸作用放出的二氧化碳和微生物机体合成的硝态氮、有机氮等的减少，垫料中碳与氮的比例增大，因而试验组垫料总氮含量降低。

4 结 论

饲粮中添加包被苯甲酸降低了肉鸡脚垫损伤和跗关节损伤程度，降低了垫料总氮含量及 pH，有助于提高肉鸡饲养的福利水平。

参考文献：

[1] 朱宇旌,吴芸彤,季文彦,等.不同环境下包被酸化剂对肉仔鸡生长性能、消化道内环境及血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2012,24(5):886–896.

[2] RAVINDRAN V,KORNEGAY E T.Acidification of weaner pig diets:a review[J].Journal of the Science of Food and Agriculture,1993,62(4):313–322.

[3] GARRIDO M N,SKJERVHEIM M,OPPEGAARD H,et al.Acidified litter benefits the intestinal flora balance of broiler chickens[J].Applied and Environmental Microbiology,2004,70(9):5208–5213.

[4] 唐福全.酸化剂在家禽生产中的应用[J].西华大学学报:自然科学版,2007,26(2):45–48.

[5] 赵建文.微生态制剂对鸡舍氨气和肉鸡免疫系统的影响[D].硕士学位论文.泰安:山东农业大学,2011.

[6] 刘艳利,辛洪亮,黄铁军,等.酸化剂对蛋鸡生产性能、蛋品质及肠道相关指标的影响[J].动物营养学报,2015,27(2):526–534.

[7] 邵丹,贺姣,王强,等.垫料厚度对黄羽肉鸡生产性能、免疫器官指数、血清生化指标和福利状况的影响[J].动物营养学报,2014,26(8):2357–2364.

[8] 李燕,李志刚.肉鸡腿病发生的原因及其防制措施[J].中国家禽,2011,33(1):47–49.

[9] BERG C,ALGERS B.Using welfare outcomes to control intensification:the Swedish model[M]//WEEKS C A,BUTTERWORTH A.Measuring and Auditing Broiler Welfare.Wallingford:CABI Publishing,2004.

[10] RICKE S C.Perspectives on the use of organic acids and short chain fatty acids as antimicrobials[J].Poultry Science,2003,82(4):632–639.

[11] JÓZEFIAK D,KACZMAREK S,BOCHENEK M,et al.A note on effect of benzoic acid supplementation on the performance and microbiota population of broiler chickens[J].Journal of Animal and Feed Sciences,2007,16(2):252–256.

[12] 周根来,高峰.饲料酸化剂的作用机制与应用[J].畜禽业,2000(2):36–38.

[13] 宋弋,王忠,姚中磊,等.氨气对肉鸡生产性能、血氨和尿酸的影响研究[J].中国家禽,2008,30(13):10–12,16.

[14] DAWKINS M S,DONNELLY C A,JONES T A.Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density[J].Nature,2004,427(6972):342–344.

[15] SHEPHERD E M,FAIRCHILD B D.Footpad dermatitis in poultry[J].Poultry Science,2010,89(10):2043–2051.

[16] 李承强,魏源送,樊耀波,等.堆肥腐熟度的研究进展[J].环境科学进展,1999,7(6):1–12.

[17] TIQUIA S M,TAM N F Y,HODGKISS I J.Effects of composting on phytotoxicity of spent pig-manure sawdust litter[J].Environmental Pollution,1996,93(3):249–256.

[18] MILLER F C.Matric water potential as an ecological determinant in compost,a substrate dense system[J].Microbial Ecology,1989,18(1):59–71.

[19] 赵秋,张明怡,刘颖,等.猪粪堆肥过程中氮素物质转化规律研究[J].黑龙江农业科学,2008(2):58–60.Effects of Coated-benzoic Acid on Leg Health of Broilers and Physicochemical Property of Bedding

HU Xiyi[1] ZhANG Qian[2] UERLINGS Julie[1] SUN Defa[3] ZHANG Bo[3] YANG Jiachang[1] DING Xiangwen[1] WANG Yu[1] SONG Zhigang[1]

(1. *College of Animal Science and Technology*, *Shandong Agricultural University*, *Tai'an* 271018, *China*; 2. *Huangdao Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau*, *Qingdao* 266555, *China*; 3. *Novus International Trading* (*Shanghai*) *Co*., *Ltd*, *Shanghai* 200080, *China*)

Abstract：An experiment was conducted to evaluate the effects of dietary coated-benzoic acid on leg health of broilers and physicochemical property of bedding. A total of 2 400 Arbor Acres chicks were randomly distributed into 2 groups with 12 replicate pens per group and 100 birds (male∶female was 1∶1) per pen at 1 day of age. The broilers in control group were fed basal diets, and in experimental group were fed basal diets supplemented with 500 g/t coated-benzoic acid. The trial lasted for 35 d. At 35 days of age, 10 chicks per pen were selected for footpad and hock assessments, and the humidity, pH and total nitrogen (TN) content of bedding samples were measured in each pen. The results showed that dietary supplementation of 500 g/t coated-benzoic acid significantly reduced the occurrence of footpad and hock injury (P<0.05). Moreover, coated-benzoic acid significantly decreased the pH and TN content (P<0.05) of bedding whereas the humidity remained unaffected (P>0.05). In conclusion, the current research reveals that dietary supplementation of coated-benzoic acid decreases the incidence of footpad and hock injury and considerably influences the physicochemical property of bedding. The welfare of the broilers is improved by coated-benzoic acid.

Key words: coated-benzoic acid; broilers; leg health; physicochemical property of bedding

*Corresponding author, professor, E-mail: naposong@qq.com (责任编辑　田艳明)